LA ENCRUCIJADA QUÍMICA EN LOS TIEMPOS DE LAVOISIER VALORADA POR SUS PROTAGONISTAS

Joaquín Moreno Clavel

Justificación.

Tuve la fortuna de disponer, desde niño, de una biblioteca bien dotada de libros antiguos que siempre despertó mi curiosidad y en la que, especialmente en los veranos, solía leer o tan sólo ojear los grabados, bien de la Divina Comedia, la Historia Natural de Buffon o las heráldicas de la Historia de Murcia, del Licenciado Cascales. Entre aquellos libros había algunos que tenían grabados poco atractivos para mi edad y, claro, no despertaban mi curiosidad. Pasando el tiempo, un día, quise ver de qué trataban un par de libros en los que en su lomo se podía leer en letras doradas sólo "LAVOI ELEME DE QUI". Con gran sorpresa y satisfacción vi que se trataba de los dos tomos de la primera edición en castellano de la obra cuya primera página no me resisto a transcribir completa ***"TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA PRESENTADO BAXO NUEVO ORDEN Y CONFORME A LOS DESCUBRIMIENTOS MODERNOS"*** *CON LÁMINAS. Por* ***Mr. Lavoisier****, de la Academia de las Ciencias y de las Sociedades de Medicina y Agricultura de París, de las de Orleans y de Londres, del Instituto de Bolonia, de las sociedades Helvética de Basilea, Filadelfia, Harlem, Manchester, Padua, &c. Traducido al Castellano Por D. Juan Manuel Munarriz, Capitán del Real Cuerpo de Artillería y Profesor de Matemáticas en su Academia, Vice-Secretario y Bibliotecario de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Segovia y su Provincia.* Impreso con superior permiso Madrid en la Imprenta Real, por D. Pedro Julián Pereyra, Impresor de Cámara de S.M. Año de 1798. Véndese en la Librería de Gómez calle de las Carretas.

Debo aquí resaltar que la primera edición francesa del **Traité elementaire de Chimie, presenté dans un ordre nouveau et d´áprès les découvertes modernes**; se editó en París en 1789, año que coincide con la toma de la Bastilla y el triunfo de la Revolución Francesa. Revolución que llevaría al propio Lavoisier a la guillotina pues, según el tribunal que le juzgó y condenó, "La Republique n´a pas besoin de savants". Aún menos tiempo medió entre la edición francesa de la obra de Fourcroy **Sistème de connaissances chimiques** publicada en Francia, entre 1801 y 1802 y en castellano, en 1803.

Hago este inciso para destacar que, en el caso de Lavoisier, tan sólo mediaron 9 años entre la edición francesa y la española y en el caso de Fourcroy apenas dos. Lo que muestra que la idea maliciosa del retraso del saber en España no es cierta, pues los españoles nunca volvieron la espalda a los avances de la ciencia y a la cultura.

Por entonces yo ya estaba terminando la licenciatura de Ciencias Químicas y con curiosidad inicié la lectura de la obra, más con el ánimo de ver defectos o conceptos trasnochados que con autentico interés. Inmediatamente me sorprendió encontrar ideas tan claras, sencillas y precisas respecto a distintas facetas de la química, que modestamente creo no han sido debidamente resaltadas. Y en cierto modo me propuse estudiar con mayor detenimiento la obra de Lavoisier y compararla con la obras que también tengo de sus coetáneos y primeras figuras de la ciencia como eran los famosos químicos franceses: Macquer y Fourcroy. Que casualmente fueron: Macquer el más destacado sabio defensor de las teorías de Stahl sobre el flogisto, y Fourcroy otro

ilustre científico que incluso colaboró en algunos trabajos con Lavoisier. La realidad es que en el transcurrir de los años he seguido teniendo la intención de hacerlo, pero por una u otra causa, lo he pospuesto, aunque el propósito continúa vivo.

Consciente de mis culpas, pretendo ahora mitigarlas, al menos parcialmente, tratando de resaltar con la objetividad que me da mi relativa madurez algunos aspectos destacados de su excepcional obra a tenor de los conocimientos actuales y de su capacidad de síntesis y de la lucidez que tuvo para establecer orden en el caos del conocimiento químico de aquellos años. En este sentido trataré, dentro de los límites de extensión de este trabajo, que sean los propios textos escritos por sus autores en aquellos días quienes, al menos parcialmente, nos den la visión panorámica de la encrucijada del conocimiento químico y cómo supo poner orden Lavoisier en aquel cúmulo de saberes químicos dispersos y desorientados.

EL CONOCIMIENTO QUÍMICO EN LOS DÍAS DE LAVOISIER.

De acuerdo con el propósito apuntado, veamos la percepción que del conocimiento químico tenía un famoso sabio y académico de la época, cuya síntesis curricular sería:

Pierre Joseph Macquer, (1718-1784) Nació en París, médico francés profesor de química en el Jardín del Rey, a los 27 años entró a formar parte de la Academia de Ciencias de París y después lo fue de las de Filadelfia, Turín y Estocolmo. Director de las manufacturas de las famosas porcelanas de Sévres. Estudió los compuestos de arsénico descubriendo la sal que se conoce con su nombre, Arseniato monopotásico, AsO_4H_2K. Publicó un libro de texto y el primer **Diccionario de Química según la concepción moderna**, cuya segunda edición, a la que antes nos hemos referido, presenta en su primera página:

Dictionnaire de Chymie, Contenant la Théorie et la Practique de cette Science, son application a la Physique, a l´Histoire Naturelle, a la Médecine, & aux Arts dépendant de la Chymie. Par M. Macquer. Docteur en Médecine de la Faculté de Paris, de la Académie des Sciencies, de la Societé Royale de Médecine. Professeur de Chymie au Jardin du Roi, &. Second Editión, revue e considérablement augmentée. A Paris. Chez Fr. Didot jeune, Libraire de la Faculté de Médecine. Quai des Augustins. M.DCC.LXXVIII. Avec Approbation, & Privilege du Roi

Macquer fue un defensor a ultranza de la teoría del flogisto y nunca compartió las ideas de Lavoisier, aunque informó sobre ellas en su diccionario.

Al tratar en su diccionario en el apartado sobre ***La historia de la química*** hace un extenso recorrido que inicia en las conceptos más remotos, pero considerando a las distintas aportaciones de la antigüedad como las de meros artesanos de distintos oficios y artes concretas. En este sentido dice en traducción literal:

> *“ Nos contentaremos con remarcar que entre aquella multitud de escritores alquimistas ininteligibles, se encuentran, sin embargo, un pequeño número que, habiendo hablado un poco menos oscuramente de sus experiencias, han dado alguna luz. Tales pueden ser el árabe Geber, el monje inglés Roger Bacon, que*

parece haber tenido conocimiento de la pólvora, y que fue acusado de magia, Raimundo Lulio, Baxile Valentín e Issac el Holandés...”

Después cita que hasta el Siglo XVI, la confusión alquímica continuó hasta que Paracelso, que era médico e hijo de médico imaginó que por medio de la Alquimia se debería encontrar la medicina universal, publicando que tenía los secretos capaces de prolongar la vida hasta la edad de Matusalén. Realmente de poco le sirvieron sus saberes ya que murió a la edad de 48 años. En este sentido dice Macquer:

> *“...Paracelso había osado a abrir una nueva ruta en el arte de curar, reclamado sin cesar contra la antigua farmacia, en la cual no se encontraba nada o muy pocos medicamentos preparados por la química. Él quemó públicamente, en un exceso de fanatismo, los antiguos libros de médicos griegos y árabes y prometió dar la inmortalidad con sus medicamentos químicos”.*

La realidad es que las ideas de Paracelso abrieron la oportunidad de una nueva vía de estudios. Las principales Facultades de Medicina, conscientes de la importancia que tenía que los medicamentos fueran siempre obtenidos de modo uniforme, orientaron la formación de los médicos hacia establecer los procedimientos de preparación de estas sustancias. Lo que dio lugar a en que las distintas farmacopeas y dispensarios se describan muchas operaciones químicas y procedimientos de obtención de algunos compuestos. Es decir, el conocimiento químico pasó a estudiarse como parte necesaria en la formación de los médicos y farmacéuticos, por lo que las ciencias químicas adquirieron definitivamente el carácter académico.

Macquer continua en su disertación:

> “*No fue más que hacia la mitad del pasado Siglo (XVII), cuando empezó a elevarse el edificio (de la química), del cual hasta entonces no se había hecho más que amasar materiales”.*

Pasa después a citar a:

> Jacques Barnes, médico del Rey de Polonia “ *que fue uno de los primeros que colocó bajo un cierto orden las principales experiencias de la Química, uniendo las experiencias razonadas......*
>
> Beccher, primer médico de los electores de Maguncia y Baviera “.... *Este hombre, en el que el genio igualaba a la sabiduría, parece haber apercibido de un mismo golpe de vista la multitud inmensa de los fenómenos químicos; también las meditaciones que hizo sobre estos importantes objetos, le descubrieron la teoría mejor y más satisfactoria que había sido encontrada hasta entonces, ello le mereció el honor de tener por partidario y comentador al más grande y sublime de todos los químico-físicos. Se debe reconocer este título glorioso y tan bien merecido al ilustre Stahl. Primer médico del rey de Prusia. Nacido como Beccher, con una fuerte pasión por la química, que se declaró desde su primera juventud, debida a su genio todavía superior al de Beccher. Su imaginación también viva, brillante y activa como la de su predecesor, tenía además el adelanto inestimable de ser reglada por esa inteligencia*

y sangre fría filosóficas, que son los más seguros preservadores contra el entusiasmo y las ilusiones...”

“Si las teorías de los grandes hombres, de las cuales acabamos de hablar, son capaces de contribuir infinitamente al avance de la química..., también pueden producir un efecto totalmente contrario, cuando se libra con excesiva confianza y se extiende su uso mas allá de sus límites... Si la experiencia que no es dirigida hacia la teoría es un tanteo ciego, la teoría sin experiencia no es más que un golpe de vista engañoso y mal asegurado. También es cierto que los más importantes descubrimientos que se han hecho en la Química no son debidos más que a esos dos grandes auxilios”

“Tenemos el avance de ver por fin los mejores días de la química. El gusto de nuestro siglo por las materias filosóficas, la gloriosa protección de los príncipes, el celo de una multitud de aficionados ilustres y claros de entendimiento, la profunda sabiduría y ardor de nuestros químicos modernos..., todo parece prometernos los más grandes y brillantes éxitos.”

Como puede deducirse de este contexto la situación no podía ser más propicia al desarrollo de la química; la antigua alquimia, oscura y casi perseguida, se había sustituido por una nueva ciencia de la que se esperaban muchas cosas, entre otras, medicamentos para curar dolencias o prolongar la vida. Los conocimientos químicos que ya estaban en las Escuelas de Medicina y Farmacia, gozaron del favor de reyes y príncipes y tendieron a valorarse aún más al crearse las Academias Científicas como cauce de aceptación o censura de las nuevas aportaciones.

Efectivamente, en pleno auge de la Ilustración, habían nacido en Europa las Academias entre las que destacaríamos: las Academia del Cimento, fundada en Florencia, en 1657 y la Academia de Bolonia que data de 1690. La Real Academia de Ciencias de París, creada en 1699, que se reestructuró en 1785. La Academia de Ciencias de Berlín, de 1700. En Suecia, las Academias de Ciencias de Uppsala, fundada en 1716, y la Real de Ciencias de Estocolmo, creada en 1739. En Rusia, la Academia de Ciencias de San Petersburgo, fundada en 1725, y en el Reino Unido, la Academia Real de Londres creada en 1768.

En España: la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid que data de 1657, inicialmente conocida como Academia Natural Curiosorum; la Real Academia de Farmacia creada en 1737, que tuvo su origen en 1589, como la antigua Congregación de San Lucas. La Real Academia Nacional de Medicina, creada en 1732 y la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, fundada en 1764.

Y precisamente en estas academias integradas por los personajes más sabios e influyentes de la época se había arraigado y aceptado, como un dogma, la teoría del flogisto que venía a dar una aparente solución a muchos problemas que no se entendían bien.

LA TEORÍA DEL FLOGISTO.

La teoría del flogisto que se cimentaba en suposiciones anteriores alquimistas como las de Propius (1618), de Sernet (1619) o de van Helmont (1652), fue desarrollada por Beccher (1738) y posteriormente consolidada por su discípulo Stahl (1660-1734). Se basaba en que el flogisto era el principio inflamable que contenían todas las sustancias combustibles, es decir, era la base material fundamental del fuego y del azufre, o principio realmente combustible. Se le ha relacionado con la *Materia coelestis* de Descartes. También se le ha considerado, unas veces como la energía potencial, en otras, como el éter del universo. Se le ha descrito, en unos libros, como principio terrestre, acuoso o elástico; también como sustancia grasa, sulfurosa, inflamable, untuosa, aceitosa, viscosa, etc.

Se postulaba que cuando una sustancia ardía, como los aceites, la madera, o ciertos metales, su flogisto liberándose escapaba. Consiguientemente las sustancias que tenían mucho flogisto, como el carbón, al arder dejaban muy pocas o ninguna ceniza. Según la teoría el aire no tenía nada que ver con el fenómenos mas que como mero receptor del flogisto que se escapaba.

En los procesos de obtención y transformación de los metales, la teoría explicaba el fenómeno de la combustión de los metales considerando que éstos, que contenían el flogisto (que se representaba por la letra griega Φ), durante el proceso de la combustión lo desprendían, quedando como residuo cenizas o cales, según el esquema:

metal = cal + Φ

Lo que permitía, por primera vez, establecer el equilibrio opuesto del proceso de la reducción metalúrgica. Es decir, calentar una cal metálica con una sustancia rica en flogisto, como el carbón, para obtener de nuevo el metal. De acuerdo con el esquema:

cal + Φ = metal

Aunque los metales en su oxidación aumentaban de peso lo que contradecía los equilibrios expuestos, esto no se entró a considerar demasiado, ni incluso por el propio Stahl. Se arbitraban las más pintorescas soluciones, adecuándolas para cada caso Por ejemplo, se justificaba el aumento de peso de los residuos de la combustión de metales razonando que cuando se libera el flogisto su huida del cuerpo que lo contiene se realiza hacia arriba, como las llamas del fuego, lo que venía a demostrar su liviandad e, incluso, a considerar que el flogisto tenía peso negativo. Otros postulaban que intervenía muy poco en el peso de los cuerpos, o que el aumento de peso era debido a la fijación de partículas de fuego en las cenizas. Incluso se estimaba que al quemarse los cuerpos aumentaba su densidad como cuando se cuecen ladrillos o se comprimen edredones. Ideas derivadas de la conjunción tanto de carencias conceptuales de la diferencia entre la masa y la densidad de un cuerpo, como por el arraigo de los conceptos aristotélicos de que las propiedades de los cuerpos eran modificables para perfeccionarlas, como la educación modifica a las propias personas, a lo que se unían las ideas religiosas de aceptar por pura fe aquello que no acertábamos a comprender o explicar.

Esta teoría, que daba una respuesta aparentemente satisfactoria, aunque falsa, para explicar los fenómenos de la combustión, resultó especialmente perversa y negativa para el desarrollo de la química en su fase de arraigo científico serio, ya que conducía a considerar a los metales como elementos compuestos, en tanto que las cales, es decir, los óxidos metálicos serían elementos simples. Esta situación de contradicción de que el peso de la cal metálica era mayor que la del metal original, que hubiera sido suficiente para desechar la teoría del flogisto, lejos de ser considerada, al contrario, sirvió para que los químicos e intelectuales de la época, al no disponer de otra teoría en que basarse, centraran sus esfuerzos en justificar estos anómalos comportamientos recurriendo a conceptos alquímicos trasnochados.

De igual modo, se consideraba que la presencia del aire que es necesario para que se produjera la combustión, que estaba en contradicción con la idea de que el flogisto, se justificaba diciendo que el aire era el medio necesario para absorber el flogisto que se desprendía, al modo que las esponjas absorben el agua, sin entrar a considerar la disminución de volumen que experimentaba el aire en el caso de la combustión de los metales.

En definitiva la teoría del flogisto se aceptó por todos los científicos del Siglo XVIII, de modo que ilustres investigadores como Hoffmann, Marggraf, en Alemania, Geoffroy, los hermanos Rouelle, Boumé y Macquer en Francia, Black, Cavendish, Rumford en Inglaterra, los hermanos Elhuyar y Proust en España y tantos otros, fueron flogistófilos convencidos. Tan arraigada estaba la existencia del flogisto, que ni Scheele (1773) ni Priesley (1774), que descubrieron por separado al oxígeno, al obtenerlo y comprobar que se combinaba con los otros elementos durante la combustión, lejos de proclamar la trascendencia de su descubrimiento, obsesionados por la teoría de Stahl, lo consideraron como aire desflogisticado. Siendo Lavoisier quien valorara el verdadero alcance de este descubrimiento, que daba al traste de modo inequívoco con la teoría del flogisto.

El otro coetáneo de Lavoisier, que incluso colaboró con él en alguno de sus estudios, al que anteriormente hemos hecho referencia, fue **Antoine- François Fourcroy**, Conde de Fourcroy (1755-1809). Médico y destacado químico francés coetáneo de Laplace y Marcquer, así como de Lavoisier y Berthellot con quienes fundó, en 1789, los Anales de Chimie. Profesor de química en el Jardin del Rey de París, desde 1784. Con Vauquelin obtuvo el ácido benzoico y la urea pura. Formó parte de la Comisión que se encargó de la reorganización de la nomenclatura química. Durante la Convención fue Diputado por París y miembro del Comité de Instrucción Pública. Nombrado Ministro de Instrucción Pública en 1801 y en 1808, reorganizó la enseñanza superior, interviniendo en la creación de la École de Médicine y de la École Politechnique, así como en el establecimiento del Sistema Métrico. Fundó el Museo de Ciencias Naturales.

Fue un entusiasta seguidor de los trabajos y descubrimientos de Lavoisier, con quien colaboró. Pero dejemos que sea el propio Fourcroy quien nos sitúe en la encrucijada del conocimiento químico de entonces por medio de los textos de su libro **"Sistema de los conocimientos químicos y de sus aplicaciones a los fenómenos de la naturaleza y del arte"**, versión en castellano de su obra **Lesons d´histoire naturelle et de chimie**, (1782) que se reimprimió en 1801-1802, con el título de **Sistéme de connaissances chimiques …**, que fue traducida por D. Pedro María Olive, e impresa en la Imprenta Real de Madrid y publicada en cinco tomos, "Por orden del Rey" en 1803.

Dice Fourcroy en las páginas 11 y 12 de su libro:

> *…"Entonces Lavoisier favorecido de estos descubrimientos sobre los fluidos elásticos, sobre la composición del ayre y sobre los fenómenos de la naturaleza y del arte, conoció que todas las antiguas nociones químicas estaban infestadas de errores nacidos de la ignorancia de las materias gaseosas, y por siempre perdidas por los químicos; y que había que dar a toda su teoría un nuevo aspecto conforme con la verdad, así como se acababa de dar nueva forma a sus instrumentos y a sus aparatos. Tenía Lavoisier un ingenio elevado y verdaderamente creador, un ánimo superior a cuantos obstáculos debía encontrar en su camino, habilidad en los experimentos más delicados que quantos hasta entonces se habían hecho, tacto fino y seguro en la observación de los fenómenos, exactitud y geométrico raciocinio en la comparación de los resultados, y miras tan profundas como extensas, poseía en fin quanto era necesario para hacer la reforma que estaba meditando, y para producir una gran mutación en la ciencia. La emprendió y la terminó en el espacio de quince años de un continuo trabajo. Repitió los principales experimentos con nuevos instrumentos….La filosofía con su sabio escepticismo fue causa de que por diez años seguidos anduviese vacilante la suerte de esta gran reforma; las nuevas proposiciones de Lavoisier fueron examinadas con lentitud, pesadas con inteligencia, y rectificadas con larga y madura reflexión…. El autor de esta tan grande y feliz mudanza para los progresos de la razón humana, merecía el respeto y la admiración de sus contemporáneos, como la obtendrá de la posteridad. Había él merecido una ara, más el crimen le ha levantado un cadalso, viniendo a tener la suerte de Sócrates, de Focion y de otras muchas víctimas de la virtud y del amor a la verdad."*

Más adelante al concluir el Esbozo Histórico de la Química, en la página 176, tras citar ampliamente las aportaciones de la mayoría de los químicos mas afamados, dice:

> *"Siguióse a esto bien prontamente y con admirable presteza una multitud de descubrimientos, de hechos nuevos y de curiosos experimentos, de manera que apenas bastaban para publicarlos las Memorias de las Academias, las obras periódicas y las disertaciones particulares. La ciencia química ocupaba entonces a todos los sabios; y sin embargo, aunque se enriquecía con innumerables hechos, no por eso salía su teórica de su lentitud; y aún parecía que se oscurecía y ofuscaba en medio de tantos tesoros. Cada químico tenía su teoría particular y no se notaba ningún sistema completo, ni menos ninguna relación cierta entre los resultados cuya multitud abrumaba en realidad a la ciencia; y así se hacía necesario que apareciera un hombre de elevadas ideas , que valiéndose de este estado de incertidumbre e inconstancia, detuviese y aún fixase los pasos de la Química. Veíanse los ánimos dispuestos a una gran mudanza; pero no se había presentado nadie que la dirigiese, o arreglase todos sus pasos. Necesitábase una gran mutación en la teórica, y esta se logró en el seno de la Academia de Ciencias de París con el genio y el poder de Lavoisier…"*

Por último, nos centraremos en la excepcional figura de **Antoine-Laurent Lavoisier.** Químico francés, nacido en 1743, en París, en el seno de una familia acomodada. Se

inició en los estudios de química con Rouelle, profesor que al igual que todos los científicos de la época, explicaba la química en base a la teorías del flogisto. Ya a los 22 años publicó un primer trabajo sobre el yeso utilizando métodos cuantitativos y en 1766 obtuvo el premio de la Academia de Ciencias por su trabajo, *Mémoir sur les meilleur sìstème déclairage de París.* Casó con Marie-Anne Peirrette Paulze, hija de uno de los principales dirigentes de la Ferme Générale, corporación de arrendatarios de impuestos a la que también perteneció, el mismo Lavoisier, a partir de 1775. Fue director de las fabricas de pólvoras. En 1785 fue nombrado director de la Academia de Ciencias.

Su matrimonio con Marie-Anne, rica heredera, le permitió gozar de una desahogada posición e instalar un laboratorio de investigación bien dotado en el que desarrolló sus trabajos. Laboratorio que además era el lugar de reunión de científicos, incluso extranjeros, como Franklin, Priestley, etc. que acudían a conocer sus experimentos o para intercambiar ideas.

En las transformaciones químicas dio importancia esencial a las relaciones ponderales que tenían lugar, dando así luz a los conceptos imprecisos y borrosos propios de la época y abriendo el camino hacia el estudio preciso y cuantitativo de las transformaciones químicas. En unión de Guyton de Morveau, Berthellot y Fourcroy, establecieron el sistema de nomenclatura química que se conserva todavía, en la que los nombres de las especies químicas permiten identificar su composición. En su **Traité élémentaire de chimie ...**., aparecen distintas tablas en las que se relacionan de forma ordenada los nombres asignados en la nueva nomenclatura y los distintas denominaciones con que se venían designando. Más tarde, los químicos que colaboraron en sus trabajos, Adet y Hassetfratnz, desarrollaron el sistema de símbolos químicos que habían de sustituir también al de los alquimistas y que con alguna modificación sigue vigente.

En sus trabajos contó con la colaboración de su esposa, mujer inteligente, que dominaba la lengua inglesa, que le traducía trabajos y que dibujó muchas de las figuras que ilustran sus obras

Durante la Revolución Francesa, como heredero de una gran fortuna y miembro de la Ferme Generale, se le expulsó de la Asamblea Nacional y se le despojó de sus cargos y bienes. Durante la etapa del Terror, fue detenido junto a los restantes miembros de la Ferme Generale, juzgado y condenado a muerte.

Merece transcribir aquí la carta de despedida a un familiar escrita el 6 de mayo de 1794:.

> ***“He logrado una carrera razonablemente prolongada, sobre todo muy feliz. Creo que mi memoria producirá pesar y hasta puede que alguna gloria. ¿Qué más podría desear? Los acontecimientos que me envuelven posiblemente me evitarán la vejez. Moriré en la plenitud; otra ventaja que debo añadir a las que he gozado. Si experimento algún dolor es por no haber hecho más por mi familia, estar desprovisto de todo y no poder dar a ella y a Vd. ninguna muestra de aprecio y reconocimiento. ¡ Es verdad por tanto que el ejercicio de todas las virtudes sociales, de los servicios dados a la Patria, una carrera empleada útilmente para el progreso de las artes y de los conocimientos humanos, no bastan para preservar de un siniestro fin, para evitar morir como***

un culpable! Le escribo hoy porque mañana no me permitirán y porque es para mí un dulce consuelo en estos momentos ocuparme de Vd. y de las personas que quiero. No me olvide al hablar con las personas que se interesan por mí, que consideren esta carta también para ellos. Seguramente es la última que escribiré".

Días mas tarde, el 20 de mayo, fue guillotinado en la plaza de la Revolución, que curiosamente se llama ahora Plaza de la Concordia.

ASPECTOS CONOCIDOS Y DIVULGADOS DE LA OBRA DE LAVOISIER.

Entre las aportaciones de Lavoisier al avance científico que han sido reconocidas se puede destacar:

El principio de la conservación de la materia.

Fue el fruto de la meticulosidad y cuidado escrupuloso de considerar los pesos que intervenían en los muchos experimentos que realizó, no sólo por propia iniciativa, sino repitiendo experimentaciones realizadas por otros para observarlos y comprobarlos, cuidando de establecer los pesos de las sustancias de que se partía y de los productos finales de la reacción, considerando también a los productos gaseosos. Puede formularse como "La materia ni se crea ni se destruye, sino que cambia de unas sustancias a otras."

La redacción de una nueva sistemática de nomenclatura y formulación química.

Con la colaboración de Berthellot y Fourcoy, se desarrolló la nueva nomenclatura química en la que se sustituyen los antiguos nombres de procedencia alquímica o de carácter alegórico, en muchos casos dando a una misma sustancia varios nombres distintos. En 1787 se publicó la nueva nomenclatura sistemática que con ligeras modificaciones sigue aplicándose.

El análisis de la composición del aire.

Al estudio de los gases dedicó especial atención en sus experimentos y medidas que le permitieron afirmar, en contra de lo que se venía sosteniendo desde los tiempos de Aristóteles, que el aire no era un compuesto simple sino la mezcla de dos gases en la proporción de 1 a 4. Al de menor proporción le denominó, oxígeno, o generador de ácidos. Al otro le llamó azoe (sin vida), al que más tarde Chaptal denominó nitrógeno (generador de nitro).

El análisis y la síntesis del agua.

Demostró, en contra de la creencia de los cuatro elementos esenciales: aire, agua, tierra y fuego, también arraigada desde la antigua teoría de Demócrito, que el agua no era un elemento simple sino la resultante de la combinación de dos gases: el oxígeno y el que entonces se conocía como gas inflamable, que él denominó hidrógeno (engendrador de agua).

Rebatió la teoría del flogisto.

Los detallados estudios de los procesos de combustión, calentamiento y calcinación de las sustancias le permitieron demostrar lo erróneo de la teoría del flogisto, que ya hemos comentado. Esta evidencia fue aceptada, salvo alguna excepción en Alemania, por los químicos, los físicos, los médicos y los farmacéuticos más relevantes en Inglaterra, Francia, Italia y España, dando paso a lo que se conoció como la Química Moderna.

ASPECTOS NO DIVULGADOS.

Entre los aspectos poco conocidos y que no han sido suficientemente divulgados destacaríamos, al menos, tres en los que se anticipa a conceptos, a conocimientos o a la sistemática de su tiempo:

El establecimiento de un nuevo estilo de experimentación química cuantitativa, basado en su observación minuciosa y racionalizando su interpretación, así como la expresión de las fracciones en el sistema decimal.

En la página VI de su Discurso Preliminar, escribe Lavoisier:

“ Pero no sucede así en el estudio y en la práctica de las ciencias; los juicios falsos que formamos no interesan ni a nuestra existencia ni a nuestra comodidad: ningún interés físico nos obliga a rectificarlos: por el contrario, la imaginación siempre inclinada a pasar mas allá de los límites de lo verdadero, el amor propio y la confianza que nos inspira de nuestras fuerzas, nos hace sacar conseqüencias que no se derivan inmediatamente de los hechos; por manera que en cierto modo parece que estamos interesados en engañarnos a nosotros mismos. Por lo tanto no debe extrañarse que en las ciencias físicas haya por lo común más suposiciones que pruebas; y que trasmitiéndose de edad en edad, hayan ido adquiriendo fuerza con el peso de la autoridad, hasta llegar a adoptarse como verdades fundamentales aun por hombres de gran discernimiento.

El único medio de evitar estos errores es suspender, o a lo menos simplificar todo lo posible nuestro raciocinio, que es el que puede conducirnos al error: sujetarle a la experiencia: conservar solamente los hechos que son los datos de la naturaleza, y no pueden engañarnos: no buscar la verdad sino en el encadenamiento natural de los experimentos y observaciones, al modo de los Matemáticos que llegan a resolver un problema por medio de la disposición simple de los datos, y reduciendo el raciocinio a operaciones tan sencillas, a

suposiciones tan breves, que jamás pierden de vista la evidencia que les sirve de guía.

Convencido de estas verdades, me he propuesto no pasar jamas sino de lo conocido a lo desconocido: no sacar ninguna conclusión que no se derive inmediatamente de los experimentos y observaciones, y encadenar los hechos y verdades químicas en el orden más perceptible para los principiantes.

Entre las tablas que complementan su **Traité élementaire de Chimie**, introduce una tabla de conversión las fracciones vulgares en fracciones decimales, relacionando: Granos peso con libras, con ochavas y con onzas. Fracciones decimales de libras con fracciones comunes, pulgadas cúbicas con peso de agua etc.

La presentación y descripción de las operaciones y equipos que se utilizan en la química, que puede considerarse, guardando las debidas distancias, como un adelanto al concepto de Operaciones básicas, actualmente aceptado. En este sentido el propio Lavoisier, escribe en la página xx de su Discurso preliminar:

“En la tercera parte he descrito menudamente todas las operaciones relativas a la Química Moderna, por ser una obra deseada hace mucho tiempo, y creer que puede ser de alguna utilidad. La practica de los experimentos modernos no está generalmente muy extendida; y acaso me hubiera dado mejor a entender, y hubiera hecho mayores progresos la ciencia, si en la Memoria que he presentado a la Academia, me hubiera extendido mas en la descripción de las manipulaciones. Y como el orden de esta tercera parte me ha parecido arbitraria, solamente he cuidado de colocar en cada uno de sus ocho capítulos, las operaciones que tienen entre si mayor analogía. Es claro que no he podido tomar esta tercera parte de ninguna otra obra; y que en los principales artículos solamente me podía servir de guía mi propia experiencia.

En la **Tercera parte** de su obra, se puede leer:

Descripción de los aparatos y de las operaciones manuales de la química.

Introducción.

“De intento no me he extendido más sobre las operaciones manuales de la Química en las dos primeras partes de este tratado, porque he conocido por mi propia experiencia, que en una obra de raciocínio no debían entrar descripciones demasiado largas, pormenores de operaciones y explicaciones de láminas, todo lo cual no sirve sino para interrumpir el encadenamiento de las ideas, y hacer fastidiosa y difícil la lectura de ella (…).

Las operaciones químicas se dividen naturalmente en muchas clases, según el objeto a que se dirigen: las unas pueden considerarse como puramente mecánicas, (…), las otras son operaciones puramente químicas, porque se emplean en ellas fuerzas o agentes químicos (…). En fin las unas tiene por objeto separar los principios de los cuerpos , las otras reunirlos: muchas veces tienen ese doble objeto y una misma operación, como por exemplo en la combustión, se opera al mismo tiempo la descomposición y la recomposición.

Pero sin abrazar en particular ninguna de estas divisiones, a las que sería difícil sujetarse, a lo menos en rigor, voy a presentar el pormenor de las operaciones químicas en aquel orden que me ha parecido más a propósito para facilitar su inteligencia. Me detendré particularmente en los aparatos relativos a la Química moderna, porque son todavía poco conocidos de los que hacen un estudio particular de esta ciencia, y aún de muchos de los que la profesan.

Cap. I. Instrumentos propios para determinar el peso absoluto y específico de los cuerpos sólidos y líquidos.

Cap. II. De la gasometría ……

Cap. III. De los aparatos relativos a la medida del calórico……..

Cap. IV. De las operaciones puramente mecánicas, cuyo objeto es dividir los cuerpos.

Cap. V. De los medios que emplea la Química para separar las moléculas de los cuerpos sin descomponerlas, y recíprocamente para reunirlas.

Cap. VI. De las destilaciones pneumático- químicas, de las disoluciones metálicas y de algunas otras operaciones que piden aparatos muy complicados.

Cap. VII. De las operaciones relativas a la combustión propiamente dicha, y de la detonación.

Cap. VIII. De los instrumentos necesarios para operar sobre los cuerpos a temperaturas muy elevadas.

Las operaciones a que hacemos referencia concreta, como precursoras de las que hoy conocemos como operaciones básicas, son las siguientes:

De las operaciones puramente mecánicas, cuyo objeto es dividir los cuerpos.

De la trituración.
De la tamización y de la loción.
De la filtración.
De la decantación.

De los medios que emplea la Química para separar las moléculas de los cuerpos sin descomponerlas y reciprocamente para reunirlas.

De la solución de las sales.
De la lixiviación.
De la evaporación.
De la cristalización.

De la destilación simple.
De la sublimación.

A éste respecto se dice, en el Informe de la Sociedad Real de Medicina de París al censurar el **“Traité élémentaire de Chimie**, lo siguiente:

> “ …. *Aunque estos detalles no fuesen mas que unas sencillas descripciones de las máquinas que han proporcionado a la Química unos nuevos descubrimientos, serían de gran utilidad, y debía agradecerse a Mr. Lavoisier el haber publicado unos procederes y aparatos muy poco conocidos, aun de muchos que profesan en el día la Química, como lo dice el autor. Pero no es una descripción seca y árida la que ofrece esta tercera parte, sino que se describe el uso de varias máquinas, el modo de servirse de ellas, y los fenómenos que ofrecen al observador; muchas veces también algunos puntos particulares de la teoría general expuesta en toda la obra, dan mucha luz sobre el resultados de las operaciones para que sirven estos instrumentos. Esta tercera parte puede considerarse como una historia de los principales aparatos necesarios para las operaciones de la Química moderna, y sin los quales no podría esperarse que esta ciencia hiciese progresos.”*

En términos parecidos se comenta la importancia de estas aportaciones en el Informe de la Academia de Agricultura de París, que además, en relación a los grabados que ilustran el segundo tomo del libro dice:

> *“Todas estas descripciones se hacen sensibles con muchas láminas que ofrecen todos los detalles apetecibles, y están grabados con mucho cuidado. No debemos ocultar al agradecimiento de los Químicos, que estas láminas no han salido de un buril mercenario, sino que son de la mano del traductor de la obra de Mr. Kirwan sobre el flogisto(*)*

(*) Es Madame Lavoisier digna esposa del autor de este tratado*.*

Y finalmente, las frases que considero nos permiten valorar la inmensa calidad del genio de Lavoisier. Su interpretación del concepto de molécula o sustancia elemental, en la que con su intuición cuestiona no existan otros componentes de la materia distintos de los entonces conocidos. En las página XI y XII del Discurso Preliminar de su **Tratado elemental de Química,** dice:

> *Todo cuanto puede decirse sobre el número y naturaleza de los elementos, se reduce, en mi sentir, a disputas puramente metafísicas, y que son unos problemas indeterminados, que admiten muchas soluciones, siendo probable que ninguna de ellas sea conforme con la naturaleza. Me contentaré pues con decir, que si con el nombre de elementos queremos especificar las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que nos equivoquemos; pero por el contrario, si solamente queremos expresar la idea del último término a que llega el análisis, todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por ningún medio, son para nosotros otros tantos elementos; no porque podamos asegurar que estos cuerpos que miramos*

como simples no estén compuestos de dos o más principios, sino porque no habiéndose llegado jamás a separarlos, o por mejor decir, faltándonos los medios para hacerlo, son para nosotros unos cuerpos simples, que debemos mirar como tales, hasta que la experiencia y la observación nos manifiesten lo contrario.

No quisiera concluir este ensayo sin comentar cómo describe Lavoisier un aparato que quiere diseñar para poder alcanzar muy altas temperaturas. Entonces ya se había constatado que concentrando los rayos solares mediante una lupa se podían alcanzar temperaturas muy altas pero naturalmente localizadas en espacios muy reducidos, que no permitían realizar ensayos a mayor escala. Por eso dice:

Hay otro medio que no he practicado para aumentar más la actividad del fuego por medio del gas oxígeno, y es empleándole para dar aire en un fuelle de forja. (…). El aparato que pienso hacer construir será muy sencillo: consistirá en un horno, o especie de forja en una tierra muy refractaria: su figura será casi semejante a la del horno de de la lámina XIII, sólo que será menos elevado, y construido generalmente con dimensiones más pequeñas: tendrá dos aberturas: la una en E, a la que se ajustará el cañón de un fuelle, y otra enteramente semejante, en la que entre un tubo que se comunique con el gasómetro. Avivaré quanto pueda el fuego con el aire del fuelle, y llegado a este punto, llenaré enteramente el horno con carbones encendidos, e interceptando después con prontitud el viento del fuelle, y abriendo una llave, daré entrada al gas oxígeno con una presión de cuatro o cinco pulgadas. De modo que pueda reunir el gas oxigeno de muchos gasógenos, hasta hacer pasar ocho o nueve pies cúbicos de este gas a través del horno; y produciré un calor mucho más intenso que el que hasta ahora conocemos

De su lectura se pueden hacer algunas valoraciones:

Su claridad mental en el diseño y en la estrategia a seguir para alcanzar el objetivo.
Su decisión de encargar su construcción ya que dispondría de los medios y sabría a quién debería encargarlo.
Considerar la necesidad de utilizar materiales muy refractarios al estimar que se alcanzarían temperaturas extremadamente elevadas.
Su concepción clara de la secuencia con que se debe hacer el proceso.
Su participación directa en las labores manuales de conducción de las operaciones, como probablemente haría en otros casos.
De la utilización de oxígeno a sobrepresión, sobre carbón previamente en estado incandescente, y que para alcanzar su objetivo se requería disponer de varios gasógenos simultáneamente.

Y además, añade a continuación con una clara conciencia de conocer los riesgos que comportaría el ensayo que propone, así como, de qué modo prevenirlos o mitigar sus efectos:

Cuidaré de hacer bien grande la apertura superior del horno para dar libre paso al calórico, y evitar de este modo que una dilatación demasiado rápida de este fluido eminentemente elástico, produzca un estallido.

En resumen, consideramos que Lavoisier fue una mente privilegiada, con un sentido profundo de autocrítica y un infatigable investigador, trabajador y luchador, que tuvo el valor y el acierto de poner orden en el conocimiento químico de sus tiempos. Que, además, en algunos aspectos se aproximó o adelantó claramente a su época, no como lo haría un engreído profeta, sino por simple crítica y duda de las verdades que estaban establecidas. Que, como hemos pretendido mostrar, no sólo nos legó su fecunda obra sino que, al destruir y desterrar el concepto de esa misteriosa y etérea sustancia, el flogisto, abrió un camino nuevo hacia la interpretación cuantificada y cuantificable de las transformaciones químicas para que, la ecuación química, como la igualdad matemática, permitiera representar de un modo sencillo, cuantitativo e intuitivo los cambios químicos. Gracias a sus aportaciones la humanidad inició un avance continuado cuyos límites no podemos otear, a pesar del gran desarrollo del que hoy disfrutamos.

Bibliografía

-Arribas, S.(1989). Segundo centenario de la "revolución química de Antoine Laurent Lavoisier. Quim. E Ind. 35.6.610-614.

-Gomez Caamaño, J.L. (1970) Páginas de la historia de la farmacia. Sodagcolor. Barcelona.

-Fourcroy, A.F. (1803). Sistema de los conocimientos químicos y de sus aplicaciones a los fenómenos de la naturaleza y del arte. Imprenta Real. Madrid.

-Lavoisier. (1798) Tratado elemental de química, presentado baxo nuevo orden y conforme a los descubrimientos modernos. Imprenta Real. Madrid.

-Macquer, M. (1778) Dictionnaire de Chimie, contenant la Théorie et la practique de cette sciencie. Vols. I, II, III, y IV. Ches P. Fr. Didot jeune. Libraíre de la Faculté de Médicine. París.

-Moore. F.J. (1953).Historia de la química. Savat edt. Barcelona.

-Sorní, J. y Gaspar, Mª. D. (1989). Segundo centenario de la publicación del Traité élémentaire de Chimie de Lavoisier. Ofarm. 8.10,57-65.